

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-6957

(43)公開日 平成11年(1999)1月12日

(51) Int.Cl.⁶ 識別記号
 G 0 2 B 13/24
 13/18
 H 0 1 L 21/027
 // G 0 3 F 7/20 5 2 1

F I
 G 0 2 B 13/24
 13/18
 G 0 3 F 7/20 5 2 1
 H 0 1 L 21/30 5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数25 O.L (全32頁)

(21)出願番号 特願平10-106805
 (22)出願日 平成10年(1998)4月16日
 (31)優先権主張番号 特願平9-123456
 (32)優先日 平9(1997)4月25日
 (33)優先権主張国 日本 (JP)

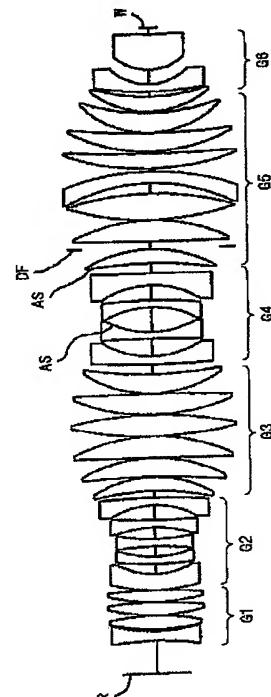
(71)出願人 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
 (72)発明者 山口 弘太郎
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
 (72)発明者 林 清志
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
 (72)発明者 高橋 友刀
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(54)【発明の名称】 投影光学系および投影露光装置並びに投影露光方法

(57)【要約】

【課題】非球面形状のレンズ面を使用することによって大きなNAと広い露光領域を確保し、諸収差を極めて良好に補正し得るコンパクトで高性能な投影光学系を提供する。

【解決手段】物体側から像面側へ向かって順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、少なくとも3枚以上の正屈折力のレンズを有し、全体として正の屈折力の第3レンズ群と、少なくとも3枚以上の負屈折力のレンズを有し、全体として負の屈折力の第4レンズ群と、少なくとも3枚以上の正屈折力のレンズを有し、全体として正の屈折力の第5レンズ群と、正の屈折力の第6レンズ群と、を含み、前記第4レンズ群または前記第5レンズ群に非球面を少なくとも1面以上含むように構成したことを特徴とする投影光学系を提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】物体側から像面側へ向かって順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、少なくとも3枚以上の正屈折力のレンズを有し、全体として正の屈折力の第3レンズ群と、少なくとも3枚以上の負屈折力のレンズを有し、全体として負の屈折力の第4レンズ群と、少なくとも3枚以上の正屈折力のレンズを有し、全体として正の屈折力の第5レンズ群と、正の屈折力の第6レンズ群と、を含み、前記第4レンズ群または前記第5レンズ群に非球面を少なくとも1面以上含むように構成したことを特徴とする投影光学系。

【請求項2】前記第1レンズ群の焦点距離をf1とし、前記第2レンズ群の焦点距離をf2とし、前記第3レンズ群の焦点距離をf3とし、前記第4レンズ群の焦点距離をf4とし、前記第5レンズ群の焦点距離をf5とし、前記第6レンズ群の焦点距離をf6とし、前記物体から前記像面までの距離をLとするとき、以下の条件を満足することを特徴とする請求項1記載の投影光学系。

$$0.1 < f_1/f_3 < 1.5$$

$$0.05 < f_2/f_4 < 6$$

$$0.01 < f_5/L < 1.2$$

$$0.02 < f_6/L < 1.8$$

【請求項3】前記第4レンズ群の焦点距離をf4とし、前記物体から前記像面までの距離をLとするとき、以下の条件を満足することを特徴とする請求項1又は2記載記載の投影光学系。

$$-0.3 < f_4/L < -0.005$$

【請求項4】前記第2レンズ群の焦点距離をf2とし、前記物体から前記像面までの距離をLとするとき、以下の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至3の何れか一項に記載の投影光学系。

$$-0.5 < f_2/L < -0.005$$

【請求項5】前記第2レンズ群は、負の屈折力を持つレンズを少なくとも3枚以上含み、

前記第2レンズ群中の第3レンズから第5レンズまでの合成焦点距離をf2nとし、前記物体から前記像面までの距離をLとするとき、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項に記載の投影光学系。

$$-0.3 < f_{2n}/L < -0.01$$

【請求項6】前記第2レンズ群中に非球面を少なくとも1面以上含むことを特徴とする請求項1乃至5の何れか一項に記載の投影光学系。

【請求項7】前記第1レンズ群中に非球面を少なくとも1面以上含むことを特徴とする請求項1乃至6の何れか一項に記載の投影光学系。

【請求項8】前記第3レンズ群中に非球面を少なくとも

1面以上含むことを特徴とする請求項1乃至7の何れか一項に記載の投影光学系。

【請求項9】前記第6レンズ群中に非球面を少なくとも1面以上含むことを特徴とする請求項1乃至8の何れか一項に記載の投影光学系。

【請求項10】前記第5レンズ群は、負メニスカスレンズを含み、

前記第5レンズ群中の前記負メニスカスレンズにおける凹面の曲率半径をR5nとし、前記物体から前記像面までの距離をLとするとき、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至9の何れか一項に記載の投影光学系。

$$0.1 < |R5n|/L < 0.5$$

【請求項11】前記第6レンズ群は、負メニスカスレンズを含み、

前記第6レンズ群中の前記負メニスカスレンズにおける凹面の曲率半径をR6nとし、前記物体から前記像面までの距離をLとするとき、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至10記載の何れか一項に記載の投影光学系。

$$0.03 < |R6n|/L < 0.15$$

【請求項12】前記第1レンズ群は、負の屈折力を持つレンズを含み、

前記第1レンズ群中の前記負の屈折力を持つレンズの像面側の曲率半径をR1nとし、前記物体から前記像面までの距離をLとするとき、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1乃至11記載の何れか一項に記載の投影光学系。

$$0.1 < |R1n|/L < 0.5$$

【請求項13】物体と、該物体を照明するための照明光学系と、該照明光学系によって照明された前記物体を投影するための投影光学系と、を有する投影露光装置において、

前記投影光学系は、前記物体側から像面側へ向かって順に、

正の屈折力の第1レンズ群と、

負の屈折力の第2レンズ群と、

少なくとも3枚以上の正屈折力のレンズを有し、全体として正の屈折力の第3レンズ群と、

少なくとも3枚以上の負屈折力のレンズを有し、全体として負の屈折力の第4レンズ群と、

少なくとも3枚以上の正屈折力のレンズを有し、全体として正の屈折力の第5レンズ群と、

正の屈折力の第6レンズ群と、を含み、

前記第4レンズ群または前記第5レンズ群に非球面を少なくとも1面以上含むように構成したことを特徴とする投影露光装置。

【請求項14】前記第1レンズ群の焦点距離をf1とし、前記第2レンズ群の焦点距離をf2とし、前記第3レンズ群の焦点距離をf3とし、前記第4レンズ群の焦

点距離を f_4 とし、前記第5レンズ群の焦点距離を f_5 とし、前記第6レンズ群の焦点距離を f_6 とし、前記物体から前記像面までの距離を L とするとき、以下の条件を満足することを特徴とする請求項13記載の投影露光装置。

$$0.1 < f_1/f_3 < 1.5$$

$$0.05 < f_2/f_4 < 6$$

$$0.01 < f_5/L < 1.2$$

$$0.02 < f_6/L < 1.8$$

【請求項15】前記第4レンズ群の焦点距離を f_4 とし、前記物体から前記像面までの距離を L とするとき、以下の条件を満足することを特徴とする請求項13又は14記載の投影露光装置。

$$-0.3 < f_4/L < -0.005$$

【請求項16】前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とし、前記物体から前記像面までの距離を L とするとき、以下の条件を満足することを特徴とする請求項13乃至15の何れか一項に記載の投影露光装置。

$$-0.5 < f_2/L < -0.005$$

【請求項17】前記第2レンズ群は、負の屈折力を持つレンズを少なくとも3枚以上含み、

前記第2レンズ群中の第3レンズから第5レンズまでの合成焦点距離を f_{2n} とし、前記物体から前記像面までの距離を L とするとき、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項13乃至16の何れか一項に記載の投影露光装置。

$$-0.3 < f_{2n}/L < -0.01$$

【請求項18】前記第2レンズ群中に非球面を少なくとも1面以上含むことを特徴とする請求項13乃至17の何れか一項に記載の投影露光装置。

【請求項19】前記第1レンズ群中に非球面を少なくとも1面以上含むことを特徴とする請求項13乃至18の何れか一項に記載の投影露光装置。

【請求項20】前記第3レンズ群中に非球面を少なくとも1面以上含むことを特徴とする請求項13乃至19の何れか一項に記載の投影露光装置。

【請求項21】前記第6レンズ群中に非球面を少なくとも1面以上含むことを特徴とする請求項13乃至20の何れか一項に記載の投影露光装置。

【請求項22】前記第5レンズ群は、負メニスカスレンズを含み、

前記第5レンズ群中の前記負メニスカスレンズにおける凹面の曲率半径を R_{5n} とし、前記物体から前記像面までの距離を L とするとき、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項13乃至21の何れか一項に記載の投影露光装置。

$$0.1 < |R_{5n}|/L < 0.5$$

【請求項23】前記第6レンズ群は、負メニスカスレンズを含み、

前記第6レンズ群中の前記負メニスカスレンズにおける

凹面の曲率半径を R_{6n} とし、前記物体から前記像面までの距離を L とするとき、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項13乃至22記載の何れか一項に記載の投影露光装置。

$$0.03 < |R_{6n}|/L < 0.15$$

【請求項24】前記第1レンズ群は、負の屈折力を持つレンズを含み、

前記第1レンズ群中の前記負の屈折力を持つレンズの像面側の曲率半径を R_{1n} とし、前記物体から前記像面までの距離を L とするとき、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項13乃至22記載の何れか一項に記載の投影露光装置。

$$0.1 < |R_{1n}|/L < 0.5$$

【請求項25】請求項13乃至24記載の何れか一項に記載の投影露光装置を用いて、物体上に形成されたバターンを、像面としての基板上に投影露光することを特徴とする投影露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、物体のバターンを像面に投影するための投影光学系に関するものであり、特に、物体としてレチクル（マスク）上に形成された半導体用または液晶用のバターンを、像面としての基板（ウェハ、プレート等）上に投影露光するのに好適な投影光学系に係るものである。

【0002】

【従来の技術】レチクル上のバターンをウェハ上に投影露光するための投影光学系において、複数のレンズ面を非球面形状で構成した場合には、使用されるレンズ枚数を低減することができ、これによってより高い透過率を有し、より軽い光学系を得ることが可能となる。このような技術として、特開平1-315709号公報、特開平5-34593号公報、特開平7-128592号公報に開示された投影光学系が提案されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、近年、集積回路のバターンの微細化が進むに従って、ウェハへのバターン焼き付けに用いられる投影光学系に対して要求される性能もますます厳しくなってきている。このような状況の中で、投影光学系の解像力の向上のためには、投影光学系の開口数（NA）を大きくすることが考えられている。

【0004】上記各特許公報に開示された光学系では、光学系の硝材総肉厚を薄くして透過率を向上させる目的で非球面形状のレンズ面を使用しており、十分大きなNAではなく、露光領域も広いものではない。本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、非球面形状のレンズ面を使用することによって大きなNAと広い露光領域を確保し、諸収差を極めて良好に補正し得るコンパクトで高性能な投影光学系を提供することを目的と

している。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の目的を達成するために、物体側から像面側へ向かって順に、正の屈折力の第1レンズ群と、負の屈折力の第2レンズ群と、少なくとも3枚以上の正屈折力のレンズを有し、全体として正の屈折力の第3レンズ群と、少なくとも3枚以上の負屈折力のレンズを有し、全体として負の屈折力の第4レンズ群と、少なくとも3枚以上の正屈折力のレンズを有し、全体として正の屈折力の第5レンズ群と、正の屈折力の第6レンズ群と、を含み、前記第4レンズ群または前記第5レンズ群に非球面を少なくとも1面以上含むように構成したことを特徴とする投影光学系を提供する。

【0006】また、本発明では、上記投影光学系を搭載した投影露光装置も提供する。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明の投影光学系では、物体側から順に、正屈折力の第1レンズ群G1、負屈折力の第2レンズ群G2、正屈折力の第3レンズ群G3、負屈折力の第4レンズ群G4、正屈折力の第5レンズ群G5、及び正屈折力の第6レンズ群G6を少なくとも有する構成としている。

【0008】正の屈折力を持つ第1レンズ群G1は、テレセントリック性を維持しながら主に歪曲収差の補正に寄与している。第1レンズ群G1では正の歪曲収差を発生させることにより、第2レンズ群G2以降のレンズ群にて発生する負の歪曲収差をバランス良く補正している。負の屈折力を持つ第2レンズ群G2及び正の屈折力を持つ第3レンズ群G3では、この2つの群において逆望遠系を形成し、投影光学系の全長を短くすることに寄与している。

【0009】また、負の屈折力を持つ第2レンズ群G2及び第4レンズ群G4は、主にペツバール和の補正に寄与し、像面の平坦化を図っている。それ故正の屈折力を持つ第5レンズ群G5及び第6レンズ群G6は、負の歪曲収差の発生を抑えつつ、像面側での高NA化に対応するために特に球面収差の発生を極力抑えることに寄与している。

【0010】上述のように、第2レンズ群G2及び第3レンズ群G3によって逆望遠系を形成しているが、本発明

$$\begin{array}{llll}
 0.1 & < & f_1/f_3 & < 1.5 & (1) \\
 0.05 & < & f_2/f_4 & < 6 & (2) \\
 0.01 & < & f_5/L & < 1.2 & (3) \\
 0.02 & < & f_6/L & < 1.8 & (4)
 \end{array}$$

ここで、 f_1 は第1レンズ群G1の焦点距離、 f_2 は第2レンズ群G2の焦点距離、 f_3 は第3レンズ群G3の焦点距離、 f_4 は第4レンズ群G4の焦点距離、 f_5 は第5レンズ群G5の焦点距離、 f_6 は第6レンズ群G6の焦点距離、及びLは物体から像面までの距離とする。

＊明では、特に、第3レンズ群G3によって発生するコマ収差を良好に補正するために、第3レンズ群G3で3枚以上の正屈折力のレンズを用いている。また、ペツバール和をゼロに近づけるために、第4レンズ群G4で3枚以上の負屈折力のレンズを用い、球面収差を良好に補正するために、第5レンズ群G5で3枚以上の正屈折力のレンズを用いている。

【0011】さらに、第4レンズ群G4中に非球面を配置することによって、屈折系の球面レンズのみで構成された明るい光学系で残存しがちな画角に関する収差、特にサジタル方向のコマ収差を抑えることが可能となる。この場合、非球面としては、凹面にレンズ周辺で光軸近傍の屈折力を弱める形状の非球面を設けることが好ましい。

【0012】また、第5レンズ群G5中に非球面を配置することによって、高NAに関する収差、特に高次の球面収差を補正することが可能となる。これは、第4レンズ群G4中のレンズ面であっても、より像面側のレンズ面に非球面を配置すれば同じ効果を得ることができる。この場合、非球面化を行うレンズ面が凸面ならば、レンズ周辺で光軸近傍の屈折力を弱める形状にすることが好ましく、非球面化を行うレンズ面が凹面ならば、レンズ周辺で光軸近傍の屈折力を強める形状にすることが好ましい。つまり高NAで広い露光領域の投影光学系を構成するには、少なくとも第4レンズ群G4中又は第5レンズ群G5中に非球面形状のレンズ面を配置することが収差補正上好ましい。

【0013】また、第4レンズ群G4及び第5レンズ群G5以外のレンズ群のレンズ面に非球面を配置しても収差補正に有効である。例えば、第1レンズ群G1に非球面を配置すると主に歪曲収差を補正でき、第2レンズ群G2に非球面を配置すれば主に入射瞳の収差（物体高に対応する入射瞳位置のずれ）を小さくできる。また、第3レンズ群G3又は第6レンズ群G6に非球面を配置すると、主にコマ収差を補正することが可能である。尚、上記各群の光学要素の一部が平行平面板のように屈折力を持たない光学要素であっても非球面形状にすれば同様の効果を得ることができる。

【0014】また、本発明では、以下の条件を満足することが好ましい。

$$\begin{array}{ll}
 0.1 & < f_1/f_3 & < 1.5 & (1) \\
 0.05 & < f_2/f_4 & < 6 & (2) \\
 0.01 & < f_5/L & < 1.2 & (3) \\
 0.02 & < f_6/L & < 1.8 & (4)
 \end{array}$$

【0015】条件（1）では、正の屈折力の第1レンズ群G1の焦点距離 f_1 と正の屈折力の第3レンズ群G3の焦点距離 f_3 との最適な比率を規定している。この条件（1）は主に歪曲収差をバランス良く補正するためのものであり、この条件（1）の下限を越えると、第3レ

ンズ群G3の屈折力が第1レンズ群G1の屈折力に対して相対的に弱くなるため、負の歪曲収差が大きく発生する。また条件(1)の上限を越えると、第1レンズ群G1の屈折力が第3レンズ群G3の屈折力に対して相対的に弱くなるため、負の歪曲収差が大きく発生する。

【0016】条件(2)では、負の屈折力の第2レンズ群G2の焦点距離 f_2 と負の屈折力の第4レンズ群G4の焦点距離 f_4 との最適な比率を規定している。この条件(2)は、主にベツバール和を小さく(0に近く)

して、広い露光領域を確保しつつ像面湾曲を良好に補正するためのものである。条件(2)の下限を越えると、第4レンズ群の屈折力が第2レンズ群の屈折力に対して相対的に弱くなるため正のベツバール和が大きく発生する。この条件(2)の上限を越えると、第2レンズ群の屈折力が第4レンズ群の屈折力に対して相対的に弱くなるため正のベツバール和が大きく発生する。

【0017】条件(3)では、第5レンズ群G5の最適な屈折力を規定している。この条件(3)は、大きな開口数を保ちながら球面収差、歪曲収差及びベツバール*

$$-0.3 < f_4/L <$$

条件(5)では、第4レンズ群G4の最適な屈折力を規定している。条件(5)の下限を越えると、球面収差の補正が困難となるため好ましくない。また、条件(5)の上限を越えると、コマ収差が発生するため好ましくない。球面収差及びベツバール和を良好に補正するため※

$$-0.5 < f_2/L <$$

条件(6)では、第2レンズ群G2の最適な屈折力を規定している。ここで、条件(6)の下限を越えると、ベツバール和が正の大きな値になるため好ましくない。また、条件(6)の上限を越えると、負の歪曲収差が発生するため好ましくない。なお、ベツバール和をさらに良好に補正するためには、条件(6)の下限値を-0.16とすることが好ましく、負のディストーションとコマ収差とをさらに良好に補正するためには、条件★

$$-0.3 < f_{2n}/L <$$

ここで、条件(7)の下限を越えると、ベツバール和が正の大きな値になるため好ましくない。また、条件(7)の上限を越えると、負の歪曲収差が発生するため好ましくない。

【0022】また、第5レンズ群G5は、負メニスカス☆40

$$0.1 < |R_{5n}|/L <$$

第5レンズ群中の少なくとも1枚負メニスカスレンズを配置することにより、高NAに応じて発生する高次の球面収差を補正することができる。

【0023】ここで、条件(8)の下限を越えると、球面収差が補正過剰の方向に大きく発生するため好ましくない。また、条件(8)の上限を越えると、球面収差は補正不足の方向に大きく発生するため好ましくない。よ◆

$$0.03 < |R_{6n}|/L <$$

第6レンズ群中に少なくとも1枚の負メニスカスレンズ 50

*和をバランス良く補正するためのものである。この条件(3)の下限を越えると、第5レンズ群G5の屈折力が大きくなり過ぎ、この第5レンズ群G5にて負の歪曲収差のみならず負の球面収差が甚大に発生するようになる。また、この条件(3)の上限を越えると、第5レンズ群G5の屈折力が弱くなり過ぎ、これに伴って負の屈折力の第4レンズ群G4の屈折力も必然的に弱くなり、この結果、ベツバール和を良好に補正することができない。

10 【0018】条件(4)では、第6レンズ群G6の最適な屈折力を規定している。この条件(4)は、大きな開口数を保ちながら高次の球面収差及び負の歪曲収差の発生を抑えるためのものである。この条件(4)の下限を越えると、第6レンズ群G6自身にて負の歪曲収差が大きく発生し、この条件(4)の上限を越えると、高次の球面収差が発生する。

【0019】また、第4レンズ群G4は、次の条件を満足することが好ましい。

$$-0.005 \quad (5)$$

※には、条件(5)の下限値を-0.078とすることが好ましく、さらにコマ収差の発生を抑えるためには条件(5)の上限値を-0.047とすることが好ましい。

【0020】また、第2レンズ群G2は、次の条件を満足することが好ましい。

$$-0.005 \quad (6)$$

★(6)の上限値を-0.0710とすることが好ましい。

【0021】さらに、ベツバール和の値と歪曲収差と30をより良好に補正するためには、第2レンズ群G2は、負の屈折力を持つレンズを少なくとも3枚以上含み、第2レンズ群G2中の第3レンズから第5レンズまでの合成焦点距離を f_{2n} とし、物体から像面までの距離を L とするとき、以下の条件を満足することが好ましい。

$$-0.01 \quad (7)$$

☆レンズを含み、第5レンズ群G5中の負メニスカスレンズにおける凹面の曲率半径を R_{5n} とし、物体から像面までの距離を L とするとき、以下の条件を満足することが好ましい。

$$<0.5 \quad (8)$$

◆り良好に収差補正を行うためには、上限を0.3とし、下限を0.15とすることが好ましい。さらに、第6レンズ群G6は、負メニスカスレンズを含み、第6レンズ群G6中の負メニスカスレンズにおける凹面の曲率半径を R_{6n} とし、物体から像面までの距離を L とするとき、以下の条件を満足することが好ましい。

$$[0024] <0.15 \quad (9)$$

を配置することにより、第6レンズ群中の正レンズから

発生する負の球面収差及び負の歪曲収差を補正することができる。この条件(9)の下限を越えると、歪曲収差及び球面収差を共に補正することが困難となり、この条件(9)の上限を越えると、コマ収差が大きく発生するため好ましくない。収差を良好に補正するために

は、条件(9)の下限値を0.05とすることが好まし*

$$0.1 < |R1n|/L < 0.5 \quad (10)$$

この条件(10)の下限を越えると、負の歪曲収差が大きくなり発生し、この条件(10)の上限を越えると、像面湾曲の補正が困難となるため好ましくない。

【0026】

【実施例】以下に、本発明による各実施例を示す。ここ※

$$Z(y) = \frac{cy^2}{1 + \sqrt{[1 - (1 + \kappa)c^2y^2]}} + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + Ey^{12} + Fy^{14} + Gy^{16} \dots \dots \dots$$

ここで、c : 頂点曲率

κ : 円錐定数

y : 光軸からの高さ

A, B, C, D, E, F, G : 非球面係数

【0028】また、各実施例における諸元表で、rは曲率半径を表し、dは面間隔を表し、nは波長248.4nmでの屈折率を表している。

【第1実施例】第1実施例で示す投影光学系は、NAが0.75で、倍率が1/4倍で、物体から像面までの距★

【諸元】

面番号	r	d	n	
1	-552.07638	18.000000	1.50839	G 1
2	265.90878	3.120094		
3	303.56674	25.392455	1.50839	
4	-350.79337	0.500000		
5	290.31959	23.811936	1.50839	
6	-624.97721	0.500000		
7	312.56146	21.494338	1.50839	
8	-797.18857	0.500000		
9	261.54552	29.172376	1.50839	G 2
10	125.42248	18.785151		
11	624.94963	13.000000	1.50839	
12	168.74192	19.573060		
13	-425.29079	13.000000	1.50839	
14	305.76133	20.876454		
15	-199.33811	13.000000	1.50839	
16	856.47160	28.817472		
17	-133.88550	13.515883	1.50839	
18	-1224.09463	12.256929		
19	-424.87732	25.795588	1.50839	G 3
20	-190.54844	1.165877		
21	-1188.77588	34.579068	1.50839	

* い。

【0025】さらに、前記第1レンズ群G 1は、負の屈折力を持つレンズを含み、第1レンズ群G 1中の負の屈折力を持つレンズの像面側の曲率半径をR1nとするとき、以下の条件を満足することが好ましい。

※で、各実施例中、非球面形状は、以下の式で与えられるものとする。

10 【0027】

【数1】

★離が1200で、物体から第1面までの光軸上の距離が60.0で、最終面から像面までの距離が12.805970で、最大像高が14.5である。

【0029】

11

12

22	-245.12631	0.500000	
23	-17375.73600	39.303374	1.50839
24	-300.00000	0.500000	
25	619.48904	39.230416	1.50839
26	-600.00000	0.500000	
27	333.78553	38.548189	1.50839
28	-3403.39561	0.834915	
29	200.00000	35.678083	1.50839
30	595.18114	18.729269	
31	1345.40672	15.064622	1.50839 G 4
32	150.40751	33.085337	
33	-2376.89219	13.177083	1.50839
34	153.73077	46.252835	非球面
35	-154.61578	13.177083	1.50839
36	-693.63984	27.484948	
37	-151.27474	23.185494	1.50839
38	-41891.41764	18.186222	
39	-780.08694	25.875000	1.50839 G 5 非球面
40	-216.11014	2.191161	
41	0.00000	12.650000	絞り
42	11593.32693	39.563021	1.50839
43	-286.19552	0.500000	
44	449.04044	49.373870	1.50839
45	-449.10638	19.592109	
46	-285.87741	21.961806	1.50839
47	-400.00000	4.525940	
48	404.59626	28.919442	1.50839
49	2500.00000	3.401017	
50	278.77327	34.590495	1.50839
51	1210.33063	0.500000	
52	161.00000	37.613837	1.50839
53	344.55156	1.726253	
54	149.63156	28.524224	1.50839 G 6
55	292.14056	9.604067	
56	550.00000	13.000000	1.50839
57	88.88938	27.500000	
58	85.56699	65.287238	1.50839
59	492.74526		

〔非球面データ〕

34面

κ : 0.090293
 A :-.697976E-08 B :-.581788E-12 C :-.238374E-16
 D :-.634191E-21

39面

κ : 4.380884
 A :-.197323E-08 B :0.451378E-13 C :-.151975E-17
 D :0.174755E-21 E :-.741606E-26 F :0.143029E-30
 G :-.390455E-36

〔条件対応値〕 $f_2/f_4 = 0.960$
 $f_1/f_3 = 1.622$ $f_5/L = 0.116$

13	
f_6/L	= 0. 351
f_4/L	= -0. 050
f_2/L	= -0. 048
f_2n/L	= -0. 093
$ R_5n /L$	= 0. 238
$ R_6n /L$	= 0. 074
$ R_1n /L$	= 0. 222

図1として、本実施例の光学系の断面図を示す。図中、
ASは非球面を表している。また、図2に本実施例の光*

〔諸元〕

	r	d	n	
1:	-417.40181	18.000000	1.50839	G 1
2:	294.54444	3.333675		
3:	334.45870	24.993761	1.50839	
4:	-339.46258	0.500000		
5:	388.46405	22.695257	1.50839	
6:	-475.96837	0.500000		
7:	261.49728	22.822544	1.50839	
8:	-1115.97742	0.500000		
9:	212.83142	29.172376	1.50839	G 2
10:	124.37798	17.392876		
11:	398.03023	13.000000	1.50839	
12:	147.41084	19.332678		
13:	-791.18158	13.000000	1.50839	
14:	201.19761	21.922400		
15:	-247.90314	13.000000	1.50839	
16:	465.71573	30.747889		非球面
17:	-130.57945	13.011599	1.50839	
18:	-934.63444	12.339136		
19:	-407.40602	25.381972	1.50839	G 3
20:	-188.40893	1.223561		
21:	-1400.47996	34.176948	1.50839	
22:	-252.53836	0.500000		
23:	-17379.23724	39.131937	1.50839	
24:	-300.00000	0.500000		
25:	606.80606	39.230416	1.50839	
26:	-600.00000	0.500000		
27:	353.96511	38.782843	1.50839	
28:	-2125.11370	2.168618		
29:	208.12823	34.974979	1.50839	
30:	681.68307	18.204990		
31:	1293.20817	14.087040	1.50839	G 4
32:	150.44667	33.112502		
33:	-2376.89219	13.177083	1.50839	
34:	157.22015	46.101506		非球面
35:	-155.71365	13.177083	1.50839	
36:	-849.18622	27.476866		
37:	-152.68796	20.775187	1.50839	
38:	-8671.69720	16.726849		
39:	-661.58711	25.875000	1.50839	G 5 非球面

* 学系の横収差を、図3に本実施例の光学系の球面収差、
非点収差及び歪曲収差を示す。収差図中、NAは開口数
を表し、Yは像高を表している。

〔第2実施例〕第2実施例で示す投影光学系は、NAが
0.75で、倍率が1/4倍で、物体から像面までの距
離が1200で、物体から第1面までの光軸上の距離が
60.0で、最終面から像面までの距離が14.728
158で、最大像高が14.5である。

【0030】

15

40:	-204.76811	2.156136	
41:	0.00000	12.650000	絞り
42:	5120.14440	41.798891	1.50839
43:	-294.95271	0.500000	
44:	446.90928	49.373870	1.50839
45:	-451.25900	18.201385	
46:	-280.36427	21.961806	1.50839
47:	-400.00000	4.804497	
48:	387.56604	34.446973	1.50839
49:	2500.00000	4.429387	
50:	273.26334	35.779749	1.50839
51:	1264.70932	0.500000	
52:	161.00000	35.902736	1.50839
53:	324.49673	0.500000	
54:	144.97966	30.031914	1.50839 G 6
55:	292.80624	9.288710	
56:	550.00000	13.000000	1.50839
57:	88.32098	26.733677	
58:	86.45884	61.662542	1.50839
59:	502.09604		

〔非球面データ〕

16面

κ : -2.932132
 A :-.264382E-08 B :-.678762E-12 C :-.836895E-17
 D :-.537613E-21

34面

κ : 0.122316
 A :-.747792E-08 B :-.577389E-12 C :-.256679E-16
 D :-.256545E-21

39面

κ : 2.181635
 A :-.108977E-08 B :0.154837E-13 C :-.107182E-17
 D :0.935404E-22 E :0.174717E-26 F :-.388438E-30
 G :0.118356E-34

〔条件対応値〕

f1/f3	= 1. 666
f2/f4	= 1. 000
f5/L	= 0. 117
f6/L	= 0. 349
f4/L	= -0. 050
f2/L	= -0. 050
f2n/L	= -0. 090
R5n /L	= 0. 234
R6n /L	= 0. 074
R1n /L	= 0. 245

〔諸元〕

	r	d	n	
1:	-444.41905	18.000000	1.50839	G 1
2:	263.95589	3.115278		
3:	306.30710	25.595388	1.50839	非球面

*図4として、本実施例の光学系の断面図を示す。図中、ASは非球面を表している。また、図5に本実施例の光学系の横収差を、図6に本実施例の光学系の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。収差図中、NAは開口数を表し、Yは像高を表している。

40 〔第3実施例〕第3実施例で示す投影光学系は、NAが0.75で、倍率が1/4倍で、物体から像面までの距離が1200で、物体から第1面までの光軸上の距離が60.0で、最終面から像面までの距離が14.571124で、最大像高が14.5である。

* [0031]

17

4:	-353.72876	0.500000	
5:	401.53161	22.629592	1.50839
6:	-458.32974	0.500000	
7:	260.42411	22.384483	1.50839
8:	-1332.14165	0.500000	
9:	201.56696	29.172376	1.50839
10:	123.44572	17.498236	
11:	391.40156	13.000000	1.50839
12:	148.83020	19.339575	
13:	-756.35940	13.000000	1.50839
14:	199.64333	21.883300	
15:	-251.99565	13.000000	1.50839
16:	457.35347	30.933422	非球面
17:	-130.24344	13.000000	1.50839
18:	-920.27012	12.350072	
19:	-409.12942	25.374524	1.50839
20:	-188.90615	1.181273	
21:	-1424.75959	34.047906	1.50839
22:	-253.26753	0.500000	
23:	-17379.22377	39.132597	1.50839
24:	-300.00000	0.500000	
25:	606.80606	39.230416	1.50839
26:	-600.00000	0.500000	
27:	354.99225	38.635587	1.50839
28:	-2087.99596	2.226818	
29:	207.60159	35.002784	1.50839
30:	675.59635	18.256602	
31:	1287.29080	14.110578	1.50839
32:	150.42360	33.005885	
33:	-2376.89219	13.177083	1.50839
34:	157.03647	46.068055	非球面
35:	-155.91252	13.177083	1.50839
36:	-866.58591	27.490041	
37:	-153.16663	20.801532	1.50839
38:	-8493.66686	16.758746	
39:	-660.86379	25.875000	1.50839
40:	-205.11225	2.176870	
41:	0.00000	12.650000	絞り
42:	4630.94239	0.000000	1.50839
43:	-296.67705	0.612232	
44:	450.13834	49.373870	1.50839
45:	-448.11047	18.090639	
46:	-280.56579	21.961806	1.50839
47:	-400.00000	4.069219	
48:	387.42237	34.838224	1.50839
49:	2500.00000	4.694122	
50:	273.67184	35.838683	1.50839
51:	1255.46173	0.539463	
52:	161.00000	35.919890	1.50839
53:	325.11630	0.500000	

18

19

20

54:	144.91170	30.069410	1.50839	
55:	293.52341	9.245852		G 6
56:	550.00000	13.000000	1.50839	
57:	88.42714	26.801733		
58:	86.53412	61.790454	1.50839	
59:	498.55162			

〔非球面データ〕

3面

κ :	0.651961			
A :	0.288809E-08	B :-.142241E-12	C :0.138026E-16	
D :-.260214E-20		E :0.163779E-24	F :0.112908E-28	
G :-.964063E-33				

16面

κ :	-2.416851			
A :-.203332E-08		B :-.639430E-12	C :-.155725E-16	
D :-.489171E-22				

34面

κ :	0.129246			
A :-.729364E-08		B :-.586956E-12	C :-.260844E-16	
D :-.284984E-21				

39面

κ :	2.269617			
A :-.113325E-08		B :0.135572E-13	C :-.115763E-17	
D :0.101617E-21		E :0.188022E-27	F :-.278178E-30	
G :0.871254E-35				

〔条件対応値〕

f_1/f_3	= 1.705
f_2/f_4	= 1.017
f_5/L	= 0.117
f_6/L	= 0.349
f_4/L	= -0.050
f_2/L	= -0.051
f_{2n}/L	= -0.091
$ R_{5n} /L$	= 0.234
$ R_{6n} /L$	= 0.074
$ R_{1n} /L$	= 0.220

〔諸元〕

	r	d	n	
1:	-468.68095	18.000000	1.50839	G 1
2:	252.77895	3.233640		
3:	298.24991	25.839827	1.50839	非球面
4:	-360.06032	0.500000		
5:	417.93565	22.562122	1.50839	
6:	-441.51797	0.500000		
7:	263.82049	22.126107	1.50839	
8:	-1375.42189	0.500000		
9:	198.61141	29.172376	1.50839	G 2
10:	125.13733	17.593360		
11:	416.27288	13.000000	1.50839	
12:	154.18091	19.238100		

* 図7として、本実施例の光学系の断面図を示す。図中、ASは非球面を表している。また、図8に本実施例の光学系の横収差を、図9に本実施例の光学系の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。収差図中、NAは開口数を表し、Yは像高を表している。

〔第4実施例〕第4実施例で示す投影光学系は、NAが0.75で、倍率が1/4倍で、物体から像面までの距離が1200で、物体から第1面までの光軸上の距離が60.0で、最終面から像面までの距離が14.412672で、最大像高が14.5である。

* [0032]

21

13:	-668.92020	13.000000	1.50839
14:	199.41335	21.813538	
15:	-256.36164	13.000000	1.50839
16:	444.96150	31.095384	
17:	-130.59220	13.000000	1.50839
18:	-921.24542	12.380140	
19:	-411.14738	25.384580	1.50839
20:	-189.32775	1.174238	
21:	-1445.99115	33.934711	1.50839
22:	-253.88856	0.500000	
23:	-17379.37023	39.125426	1.50839
24:	-300.00000	0.500000	
25:	596.09906	39.230416	1.50839
26:	-610.85050	0.500000	
27:	355.24038	38.551690	1.50839
28:	-2079.35584	2.303654	
29:	207.42218	35.035451	1.50839
30:	673.51306	18.314100	
31:	1277.16954	14.138411	1.50839
32:	150.32702	32.930730	
33:	-2376.89219	13.177083	1.50839
34:	156.56831	46.042396	
35:	-155.65637	13.177083	1.50839
36:	-845.75387	27.494867	
37:	-151.25828	20.850589	1.50839
38:	-4346.25296	16.782509	
39:	-616.99314	25.875000	1.50839
40:	-202.18912	2.221807	
41:	INFINITY	12.650000	絞り
42:	4310.61591	41.857209	1.50839
43:	-298.03165	0.760827	
44:	448.01359	49.373870	1.50839
45:	-450.13834	18.123926	
46:	-280.66611	21.961806	1.50839
47:	-400.00000	3.771463	
48:	388.15249	35.013919	1.50839
49:	2500.00000	4.945986	
50:	274.68742	35.755123	1.50839
51:	1268.22336	0.500000	
52:	161.00000	35.804931	1.50839
53:	325.39957	0.500000	
54:	144.80153	30.033841	1.50839
55:	293.86133	9.204704	
56:	550.00000	13.000000	1.50839
57:	89.52230	26.819022	
58:	87.53044	61.711363	1.50839
59:	495.57398		

〔非球面データ〕

3面

 κ : 0.965373

23

A	:0.469769E-08	B	:-.190197E-12	C	:0.112631E-16
D	:-.355099E-20	E	:0.709289E-24	F	:-.916514E-28
G	:0.586833E-32				

16面

κ	:	-2.033092			
A	:-.153014E-08	B	:-.574525E-12	C	:-.170686E-16
D	:0.650293E-21				

30面

κ	:	-0.023006			
A	:-.104624E-10	B	:0.152933E-14	C	:0.581088E-18
D	:-.550392E-22	E	:0.124756E-26		

34面

κ	:	0.135728			
A	:-.715391E-08	B	:-.607874E-12	C	:-.350272E-16
D	:0.234373E-21				

39面

κ	:	2.262632			
A	:-.112080E-08	B	:0.686428E-14	C	:-.143140E-17
D	:0.112838E-21	E	:-.714641E-27	F	:-.208714E-30
G	:0.705742E-35				

〔条件対応値〕

f_1/f_3	=	1. 722			
f_2/f_4	=	1. 023			
f_5/L	=	0. 117			
f_6/L	=	0. 350			
f_4/L	=	-0. 050			
f_2/L	=	-0. 052			
f_2n/L	=	-0. 090			
$ R_5n /L$	=	0. 234			
$ R_6n /L$	=	0. 075			
$ R_1n /L$	=	0. 211			

〔諸元〕

	r	d	n	
1:	-468.07699	18.000000	1.50839	G 1
2:	250.12651	3.380259		
3:	300.99856	25.794382	1.50839	非球面
4:	-362.12163	0.500000		
5:	400.86991	22.811466	1.50839	
6:	-450.23466	0.500000		
7:	268.97200	22.038806	1.50839	
8:	-1313.26659	0.500000		
9:	197.05591	29.172376	1.50839	G 2
10:	124.31498	17.663331		
11:	407.81022	13.000000	1.50839	
12:	161.89912	19.175412		
13:	-566.17721	13.000000	1.50839	
14:	197.37620	21.758555		
15:	-263.68269	13.000000	1.50839	
16:	429.32073	31.288348		非球面
17:	-131.12939	13.039244	1.50839	

*図10として、本実施例の光学系の断面図を示す。図中、ASは非球面を表している。また、図11に本実施例の光学系の横収差を、図12に本実施例の光学系の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。収差図中、NAは開口数を表し、Yは像高を表している。

〔第5実施例〕第5実施例で示す投影光学系は、NAが0.75で、倍率が1/4倍で、物体から像面までの距離が1200で、物体から第1面までの光軸上の距離が60.0で、最終面から像面までの距離が14.16530006で、最大像高が14.5である。

* [0033]

25	26		
18: -917.99488	12.437120		
19: -413.92024	25.461495	1.50839	G 3
20: -189.63472	1.144736		
21: -1419.86877	33.734236	1.50839	
22: -253.10206	0.500000		
23: -17379.50305	39.118922	1.50839	
24: -300.00000	0.500000		
25: 585.23935	39.230416	1.50839	
26: -622.70279	0.500000		
27: 352.49897	38.565268	1.50839	
28: -2181.80512	2.424434		
29: 208.28348	35.119714	1.50839	
30: 683.31272	18.431385		非球面
31: 1260.29479	14.211733	1.50839	G 4
32: 150.00119	32.620701		
33: -2376.89219	13.177083	1.50839	
34: 154.81553	45.778399		非球面
35: -157.58025	13.177083	1.50839	
36: -865.39866	27.070384		
37: -153.61567	20.819650	1.50839	
38: -64924.10051	16.788651		
39: -712.18966	25.875000	1.50839	G 5 非球面
40: -206.41949	2.097883		
41: INFINITY	12.650000		絞り
42: 3973.02616	41.592649	1.50839	
43: -299.72179	0.500000		
44: 447.61811	49.373870	1.50839	
45: -450.53837	19.003149		
46: -279.78056	21.961806	1.50839	
47: -404.06473	6.780768		
48: 379.72454	33.386064	1.50839	
49: 2500.00000	4.142460		
50: 283.16075	35.076227	1.50839	
51: 1489.01547	0.500000		
52: 164.88650	35.591626	1.50839	
53: 339.88457	0.500000		
54: 144.51257	30.264029	1.50839	G 6
55: 294.74328	9.221153		
56: 550.00000	13.000000	1.50839	非球面
57: 92.59167	25.876306		
58: 90.49578	63.008413	1.50839	
59: 487.58159			

〔非球面データ〕

3面

κ : 1.188206
 A : 0.616724E-08 B : -261943E-12 C : 0.117836E-16
 D : -276255E-20 E : 0.421652E-24 F : -526812E-28
 G : 0.415909E-32

16面

κ : -1.301521

27

A :-.465204E-09 B :-.629003E-12 C :-.166260E-16
 D :.0.121986E-20

30面

κ : -0.350261
 A :-.149448E-09 B :0.999815E-14 C :0.678281E-18
 D :-.619666E-22 E :0.152611E-26

34面

κ : 0.145290
 A :-.672935E-08 B :-.638504E-12 C :-.369923E-16
 D :0.382079E-21

39面

κ : 2.321086
 A :-.116397E-08 B :0.107347E-13 C :-.124164E-17
 D :0.119458E-21 E :-.185166E-26 F :-.163469E-30
 G :0.519016E-35

56面

κ : -0.669816
 A :-.531655E-09 B :0.331972E-13 C :-.471706E-17
 D :0.347702E-21 E :-.101574E-25

〔条件対応値〕

f1/f3 = 1.734
 f2/f4 = 1.036
 f5/L = 0.118
 f6/L = 0.357
 f4/L = -0.050
 f2/L = -0.052
 f2n/L = -0.091
 |R5n|/L = 0.233
 |R6n|/L = 0.077
 |R1n|/L = 0.208

〔諸元〕

	r	d	n	
1:	-420.30684	18.000000	1.50839	G 1
2:	304.38947	4.844904		
3:	409.93724	25.000000	1.50839	
4:	-345.79137	0.500000		
5:	344.48673	24.000000	1.50839	
6:	-492.43913	0.500000		
7:	268.47429	22.000000	1.50839	
8:	-561.19048	0.500000		
9:	228.49034	29.172376	1.50839	G 2
10:	124.66129	21.915174		
11:	2782.29168	13.000000	1.50839	
12:	168.55342	21.234352		
13:	-322.47044	13.000000	1.50839	
14:	323.01386	22.100306		
15:	-182.39320	13.000000	1.50839	
16:	1378.53916	26.743800		
17:	-144.71537	13.000000	1.50839	
18:	-834.60001	13.279960		

20*図13として、本実施例の光学系の断面図を示す。図中、ASは非球面を表している。また、図14に本実施例の光学系の横収差を、図15に本実施例の光学系の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。収差図中、NAは開口数を表し、Yは像高を表している。

〔第6実施例〕第6実施例で示す投影光学系は、NAが0.75で、倍率が1/4倍で、物体から像面までの距離が1200で、物体から第1面までの光軸上の距離が60.0で、最終面から像面までの距離が12.647270で、最大像高が14.5である。

*30 【0034】

29

30

19:	-543.83120	27.401869	1.50839	G 3
20:	-205.14464	0.500000		
21:	-800.01554	34.638631	1.50839	
22:	-224.70509	0.500000		
23:	-25065.93947	39.466543	1.50839	
24:	-301.52652	0.500000		
25:	345.26248	39.230416	1.50839	
26:	-2517.70773	0.500000		
27:	314.76800	38.166279	1.50839	
28:	-17038.75030	0.500000		
29:	200.00000	34.537615	1.50839	
30:	557.24026	17.007268		
31:	2180.25083	13.025262	1.50839	G 4
32:	123.59069	61.421633		
33:	-205.98730	13.177083	1.50839	
34:	202.28713	68.572390		非球面
35:	-159.41306	24.495231	1.50839	
36:	-3005.44394	14.667092		
37:	-697.48612	25.875000	1.50839	G 5 非球面
38:	-225.08993	0.500000		
39:	0.00000	12.650000		絞り
40:	1639.18095	38.602593	1.50839	
41:	-334.50135	0.500000		
42:	578.12145	49.373870	1.50839	
43:	-367.69622	15.341733		
44:	-266.45720	21.961806	1.50839	
45:	-400.63356	0.733794		
46:	387.43403	35.000000	1.50839	
47:	2408.33297	0.500000		
48:	250.43557	35.000000	1.50839	
49:	806.42950	0.500000		
50:	175.00000	35.921145	1.50839	
51:	377.77144	1.715742		
52:	146.02491	30.182778	1.50839	G 6
53:	302.71543	10.356697		
54:	550.00000	13.000000	1.50839	
55:	88.62882	21.641507		
56:	89.87518	67.897884	1.50839	
57:	610.57068			

〔非球面データ〕

3 4 面

κ : 0.022695
 A : -127712E-07 B : -986372E-12 C : 0.160059E-16
 D : 0.143506E-20

3 7 面

κ : -6.954337
 A : 0.176680E-09 B : 0.544891E-13 C : 0.110204E-17
 D : 0.158373E-21 E : -249194E-26 F : 0.166870E-30
 G : -294689E-36

〔条件対応値〕

50 f 1 / f 3 = 1. 584

31

f_2/f_4	=	0. 930
f_5/L	=	0. 117
f_6/L	=	0. 361
f_4/L	=	-0. 052
f_2/L	=	-0. 048
f_2n/L	=	-0. 082
$ R_5n /L$	=	0. 222
$ R_6n /L$	=	0. 074
$ R_1n /L$	=	0. 254

32

* 中、ASは非球面を表している。また、図17に本実施例の光学系の横収差を、図18に本実施例の光学系の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。収差図中、NAは開口数を表し、Yは像高を表している。

〔第7実施例〕第7実施例で示す投影光学系は、NAが0.75で、倍率が1/4倍で、物体から像面までの距離が1200で、物体から第1面までの光軸上の距離が60.0で、最終面から像面までの距離が12.598236で、最大像高が14.5である。

図16として、本実施例の光学系の断面図を示す。図 *10 【0035】

〔諸元〕

	r	d	n	
1:	-394.79113	18.000000	1.50839	G 1
2:	316.86963	3.432096		
3:	385.17199	23.971420	1.50839	
4:	-332.08412	0.500000		
5:	385.76588	23.018363	1.50839	
6:	-462.41329	0.500000		
7:	261.83315	24.873425	1.50839	
8:	-662.07882	0.500000		
9:	217.44326	26.470552	1.50839	G 2
10:	130.19538	18.160493		
11:	577.89686	13.000000	1.50839	
12:	151.58758	21.170084		
13:	-399.45469	13.000000	1.50839	
14:	213.97370	23.645709		
15:	-198.33421	13.000000	1.50839	
16:	596.96132	28.357042		非球面
17:	-145.18221	13.000000	1.50839	
18:	-662.45369	12.854593		
19:	-556.70481	27.433961	1.50839	G 3
20:	-204.71209	0.500000		
21:	-1365.15240	34.520424	1.50839	
22:	-251.45530	0.500000		
23:	16097.83839	39.574978	1.50839	
24:	-310.66803	0.500000		
25:	443.70292	39.230416	1.50839	
26:	-946.94062	0.500000		
27:	322.23157	38.264073	1.50839	
28:	-5486.68682	0.500000		
29:	217.22460	34.776707	1.50839	
30:	799.91884	18.173304		
31:	12387.52204	13.000000	1.50839	G 4
32:	125.69696	61.545246		
33:	-192.59778	13.177083	1.50839	
34:	191.97054	68.673889		非球面
35:	-173.96143	23.724806	1.50839	
36:	-1430.00455	12.091296		
37:	-518.50264	25.875000	1.50839	G 5 非球面
38:	-213.41585	0.500095		

33

39:	0.00000	12.650000	
40:	1394.83283	38.762785	1.50839
41:	-348.55455	0.514756	
42:	589.68098	49.373870	1.50839
43:	-363.24607	18.952009	
44:	-261.91151	21.961806	1.50839
45:	-400.00000	0.500000	
46:	380.51168	35.000000	1.50839
47:	2500.00000	0.500000	
48:	255.67104	35.000000	1.50839
49:	850.67403	0.500000	
50:	175.00000	33.349227	1.50839
51:	354.54268	0.500000	
52:	147.57414	30.804902	1.50839
53:	309.21683	8.726274	
54:	550.00000	13.000000	1.50839
55:	92.71485	21.778859	
56:	94.51983	75.002069	1.50839
57:	660.56474	12.598236	

〔非球面データ〕

16面

κ : -0.080829
 A : 0.257830E-08 B : -623179E-12 C : -103089E-17
 D : 0.254598E-21

34面

κ : -0.091698
 A : -162846E-07 B : -980291E-12 C : 0.203271E-16
 D : 0.178089E-20

37面

κ : -6.872295
 A : 0.413563E-09 B : 0.166773E-12 C : 0.144211E-17
 D : 0.194986E-21 E : -432989E-27 F : 0.197137E-30
 G : -735338E-36

〔条件対応値〕

f1/f3	= 1. 602
f2/f4	= 0. 933
f5/L	= 0. 119
f6/L	= 0. 361
f4/L	= -0. 052
f2/L	= -0. 049
f2n/L	= -0. 079
R5n /L	= 0. 218
R6n /L	= 0. 077
R1n /L	= 0. 264

〔諸元〕

	r	d	n	
1:	718.85125	20.000000	1.50839	G 1
2:	419.76270	10.000000		
3:	37714.38709	22.138562	1.50839	
4:	-310.65200	0.100000		

34

絞り

* 図19として、本実施例の光学系の断面図を示す。図中、ASは非球面を表している。また、図20に本実施例の光学系の横収差を、図21に本実施例の光学系の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。収差図中、NAは開口数を表し、Yは像高を表している。
 【第8実施例】第8実施例で示す投影光学系は、NAが40 0. 80で、倍率が1/4倍で、物体から像面までの距離が1500で、物体から第1面までの光軸上の距離が92.0で、最終面から像面までの距離が27.74で、最大像高が14.5である。

* 【0036】

35

36

5:	350.56680	25.585801	1.50839	
6:	-839.94573	0.100000		
7:	187.27742	15.000000	1.50839	
8:	129.63561	10.193899		
9:	185.52772	37.726567	1.50839	
10:	-359.67498	10.000000		
11:	-380.92840	10.032688	1.50839	G 2
12:	117.09613	32.010931		
13:	-287.93550	10.000000	1.50839	
14:	194.76378	32.284079		非球面
15:	-158.72745	10.003793	1.50839	
16:	-1178.65823	36.540933		
17:	-123.26109	29.351802	1.50839	G 3
18:	-133.12159	1.000000		
19:	-502.15858	25.000000	1.50839	
20:	-302.23345	0.100000		
21:	7363.85681	43.843308	1.50839	
22:	-425.68991	0.100000		
23:	1729.87203	45.555947	1.50839	
24:	-600.00000	0.200000		
25:	865.80263	40.012505	1.50839	
26:	-1554.86289	2.156975		
27:	509.31991	43.360383	1.50839	
28:	99999.00000	3.749801		
29:	378.69505	44.864067	1.50839	
30:	3000.00000	0.000001		
31:	308.96606	53.780418	1.50839	
32:	506.87544	5.000000		
33:	802.31214	13.801460	1.50839	G 4
34:	146.21750	72.358454		
35:	-229.01266	15.000000	1.50839	非球面
36:	241.96265	73.389500		
37:	-309.06925	10.000000	1.50839	
38:	551.94211	6.102207		
39:	752.97283	45.581180	1.50839	G 5
40:	-416.05599	15.000000		非球面
41:	INFINITY	15.000000		絞り
42:	-4226.71251	38.697035	1.50839	
43:	-420.41230	0.100000		
44:	546.12722	57.018027	1.50839	
45:	-752.79962	36.208246		
46:	-292.99042	25.000000	1.50839	
47:	-526.52023	4.113016		
48:	1204.71132	54.118430	1.50839	
49:	-639.03474	0.100000		
50:	556.47285	50.363514	1.50839	
51:	-1972.93848	0.100000		
52:	244.15849	53.094475	1.50839	
53:	700.00000	0.100000		
54:	192.23824	49.559672	1.50839	G 6

37

55:	568.53429	14.794053	
56:	99999.00000	30.754870	1.50839
57:	307.32702	11.653900	
58:	186.45334	68.559500	1.50839
59:	1043.98610		

〔非球面データ〕

14面

κ :	0.000000		
A:	-.825926E-07	B: -220422E-11	C: -447231E-16
D:	-146561E-19	E: 0.184702E-23	F: -287752E-27

35面

κ :	0.000000		
A:	-.502044E-08	B: -264019E-12	C: -964365E-17
D:	-133885E-23	E: -303209E-25	F: 0.972304E-30

40面

κ :	0.000000		
A:	0.295553E-08	B: 0.182366E-12	C: 0.650083E-17
D:	0.376932E-21	E: -240887E-26	F: 0.849451E-30

〔条件対応値〕

f_1/f_3	= 1.134
f_2/f_4	= 0.836
f_5/L	= 0.133
f_6/L	= 0.280
f_4/L	= -0.052
f_2/L	= -0.043
f_{2n}/L	= -0.043
$ R_5n /L$	= 0.195
$ R_1n /L$	= 0.280

図22として、本実施例の光学系の断面図を示す。図 *

〔諸元〕

	r	d	n	
1:	500.00000	20.000000	1.50839	G 1
2:	430.00000	10.000000		
3:	931.80900	23.718892	1.50839	
4:	-362.97952	0.100000		
5:	332.06640	25.995825	1.50839	
6:	-732.52220	13.842797		
7:	206.89029	15.000000	1.50839	G 2
8:	149.50025	15.414059	1.50839	
9:	511.22833	39.506945	1.50839	
10:	149.73196	30.626199		
11:	-187.69536	10.000000	1.50839	
12:	215.87573	24.165184		非球面
13:	-280.84891	15.000000	1.50839	
14:	-1495.99441	32.241853		
15:	-132.56240	23.125310	1.50839	
16:	-193.90245	0.536304		
17:	-246.39953	33.677028	1.50839	G 3
18:	-170.42850	0.449647		
19:	-18093.58705	52.266017	1.50839	

39

40

20:	-307.72240	0.100000	
21:	1028.99344	52.040848	1.50839
22:	-564.72447	0.200000	
23:	463.92013	47.252819	1.50839
24:	-5413.06676	10.736526	
25:	565.81685	37.800000	1.50839
26:	2892.95526	6.361992	
27:	298.99587	75.000000	1.50839
28:	-3000.00000	5.000000	
29:	INFINITY	24.356049	1.50839 G 4 非球面
30:	164.11897	50.949748	
31:	-357.71936	10.000000	1.50839
32:	195.03967	58.555088	
33:	-182.56313	41.236081	1.50839
34:	5843.26761	11.029510	
35:	-883.21453	48.737208	1.50839 G 5
36:	-295.17959	5.000000	非球面
37:	INFINITY	25.000000	絞り
38:	-5542.32804	44.564616	1.50839
39:	-367.50993	0.100000	
40:	443.75606	75.000000	1.50839
41:	-1085.66088	30.000000	
42:	-400.26612	25.000000	1.50839
43:	-525.63201	4.113016	
44:	658.76285	48.097310	1.50839
45:	-5983.44019	0.100000	
46:	345.33254	43.329194	1.50839
47:	1409.15145	0.100000	
48:	262.42521	46.228330	1.50839
49:	750.00000	0.100000	
50:	198.86479	48.865418	1.50839 G 6
51:	623.68097	17.416378	
52:	-942.86893	30.754870	1.50839 非球面
53:	625.62224	11.553900	
54:	196.70372	68.559500	1.50839
55:	860.93535		

〔非球面データ〕

12面

κ : 0.000000
 A : -415050E-07 B : -756052E-12 C : 0.260560E-16
 D : 0.209992E-20 E : -237405E-24 F : 0.483178E-29

29面

κ : 0.000000
 A : 0.102099E-09 B : -188042E-13 C : 0.267234E-17
 D : -475339E-22 E : -256151E-27 F : 0.160661E-31

36面

κ : 0.000000
 A : 0.403820E-09 B : 0.262131E-13 C : 0.256593E-18
 D : -436766E-22 E : -138744E-26 F : 0.520594E-31

52面

41

κ :	0.000000		
A :	0.118684E-07	B :-.447939E-12	C :0.245274E-16
D :	-.116536E-20	E :0.385264E-25	F :-.631033E-30

【条件対応値】

f 1 / f 3	=	1. 658
f 2 / f 4	=	1. 033
f 5 / L	=	0. 128
f 6 / L	=	0. 280
f 4 / L	=	-0. 053
f 2 / L	=	-0. 055
f 2 n / L	=	-0. 070
R 5 n / L	=	0. 267
R 1 n / L	=	0. 287

図25として、本実施例の光学系の断面図を示す。図中、ASは非球面を表している。また、図26に本実施例の光学系の横収差を、図27に本実施例の光学系の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す。収差図中、NAは開口数を表し、Yは像高を表している。

【0038】なお、上記各実施例では、硝材として、石英ガラスのみを使用した投影光学系を開示したが、硝材としては、石英ガラスに限らず、萤石やフッ化リチウム等も使用可能である。続いて、上記各実施例の投影光学系を搭載することのできる投影露光装置の実施例を、図28を参照しながら、説明する。

【0039】投影光学系PLの物体面には所定の回路パターンが形成された投影原版としてのレチクルRが配置されており、投影光学系PLの像面には、基板としてのウェハWが配置されている。レチクルRはレチクルステージRSに保持されており、ウェハWはウェハステージWSに保持されている。また、レチクルRの上方には、レチクルRを均一に照明するための照明光学系ISが配置されている。

【0040】以上の構成により、照明光学系ISから供給される光は、レチクルRを照明し、投影光学系PLの瞳位置（上記各実施例の投影光学系では、開口絞りDF位置とすることが好ましい。）には照明光学系IS中の光源の像が形成され、所謂ケーラー照明がなされる。そして、投影光学系PLによって、ケーラー照明されたレチクルRのパターン像が、投影光学系PLによりウェハW上に露光（転写）される。

【0041】本実施例では、照明光学系ISの光源として、248.4nmの露光波長のKrFエキシマレーザーを使用したが、投影光学系PLを適宜修正することで、KrFエキシマレーザーに限らず、例えば、ArFエキシマレーザー、半導体高調波レーザー、水銀ランプ等が使用可能となる。また、上記で開示した投影露光装置は、所謂ステップアンドリピート方式やステップアンドスキャン方式に好適なものである。

【0042】

【発明の効果】以上に示したように、本発明によって、

42

大きなNAと広い露光領域を確保し、諸収差を極めて良好に補正し得るコンパクトで高性能な投影光学系を提供することが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、第1実施例の投影光学系の断面図である。

10 【図2】図2は、第1実施例の投影光学系の横収差図である。

【図3】図3は、第1実施例の投影光学系の諸収差図である。

【図4】図4は、第2実施例の投影光学系の断面図である。

【図5】図5は、第2実施例の投影光学系の横収差図である。

【図6】図6は、第2実施例の投影光学系の諸収差図である。

20 【図7】図7は、第3実施例の投影光学系の断面図である。

【図8】図8は、第3実施例の投影光学系の横収差図である。

【図9】図9は、第3実施例の投影光学系の諸収差図である。

【図10】図10は、第4実施例の投影光学系の断面図である。

【図11】図11は、第4実施例の投影光学系の横収差図である。

30 【図12】図12は、第4実施例の投影光学系の諸収差図である。

【図13】図13は、第5実施例の投影光学系の断面図である。

【図14】図14は、第5実施例の投影光学系の横収差図である。

【図15】図15は、第5実施例の投影光学系の諸収差図である。

【図16】図16は、第6実施例の投影光学系の断面図である。

40 【図17】図17は、第6実施例の投影光学系の横収差図である。

【図18】図18は、第6実施例の投影光学系の諸収差図である。

【図19】図19は、第7実施例の投影光学系の断面図である。

【図20】図20は、第7実施例の投影光学系の横収差図である。

【図21】図21は、第7実施例の投影光学系の諸収差図である。

50 【図22】図22は、第8実施例の投影光学系の断面図

である。

【図23】図23は、第8実施例の投影光学系の横収差図である。

【図24】図24は、第8実施例の投影光学系の諸収差図である。

【図25】図25は、第9実施例の投影光学系の断面図である。

【図26】図26は、第9実施例の投影光学系の横収差図である。

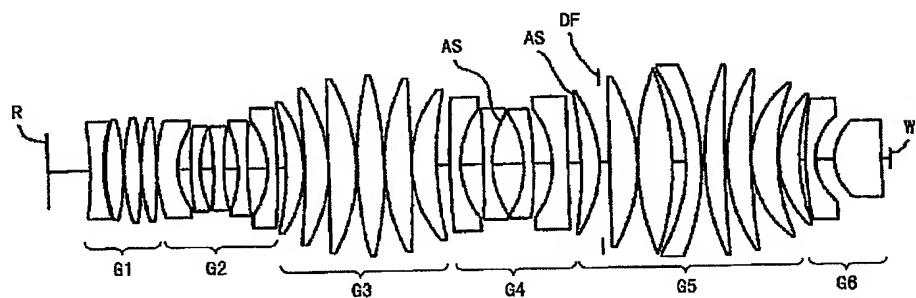
【図27】図27は、第9実施例の投影光学系の諸収差図である。

【図28】図28は、本発明による投影露光装置の概略図である。

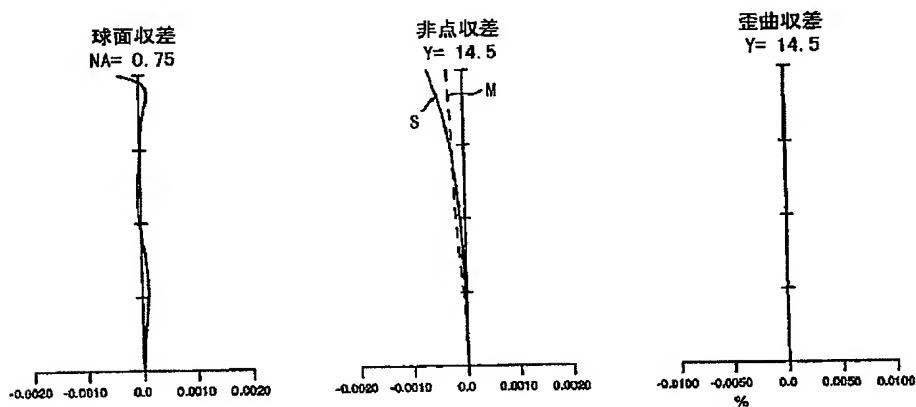
【符号の説明】

* G 1	第1レンズ群
G 2	第2レンズ群
G 3	第3レンズ群
G 4	第4レンズ群
G 5	第5レンズ群
G 6	第6レンズ群
A S	非球面
D F	開口絞り
P L	投影光学系
I S	照明光学系
R	レチクル
R S	レチクルステージ
W	ウェハ
* W S	ウェハステージ

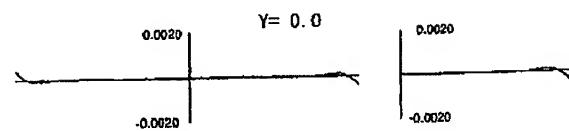
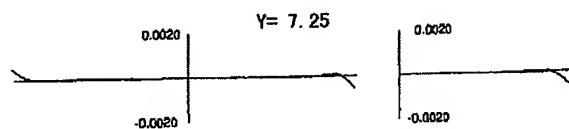
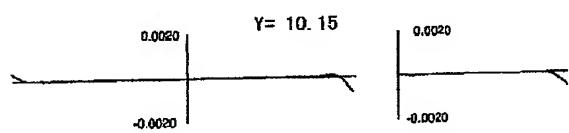
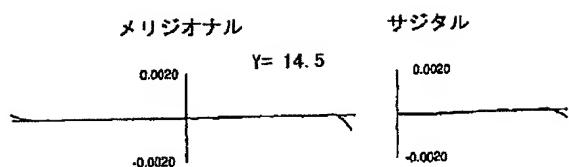
【図1】



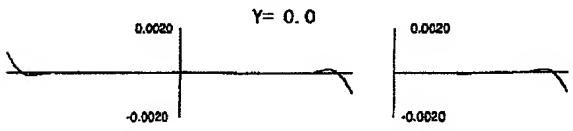
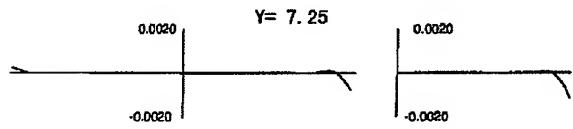
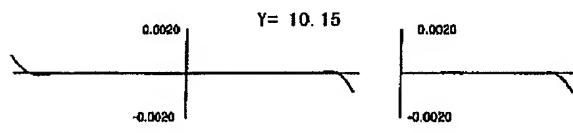
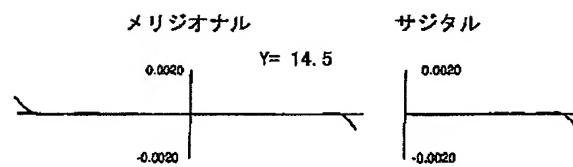
【図3】



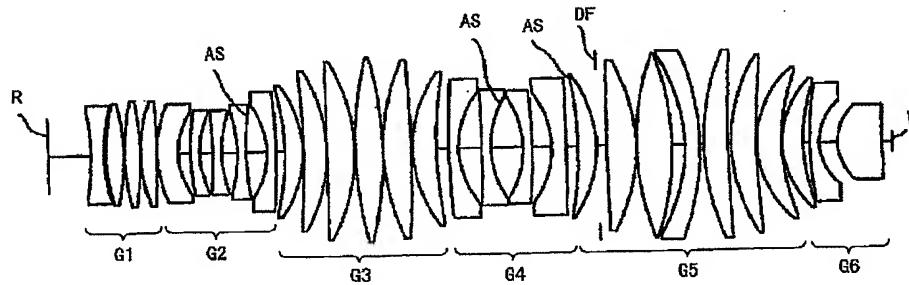
【図2】



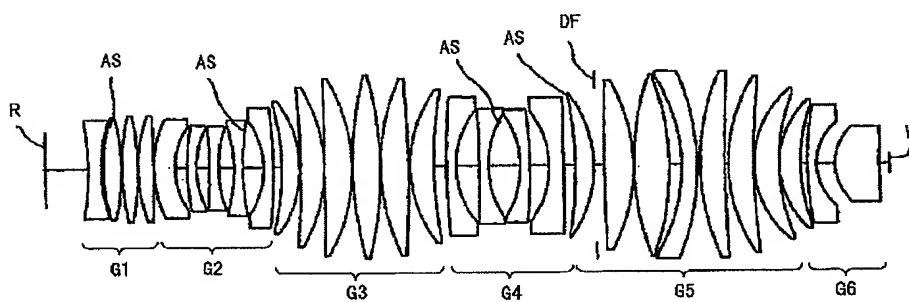
【図5】



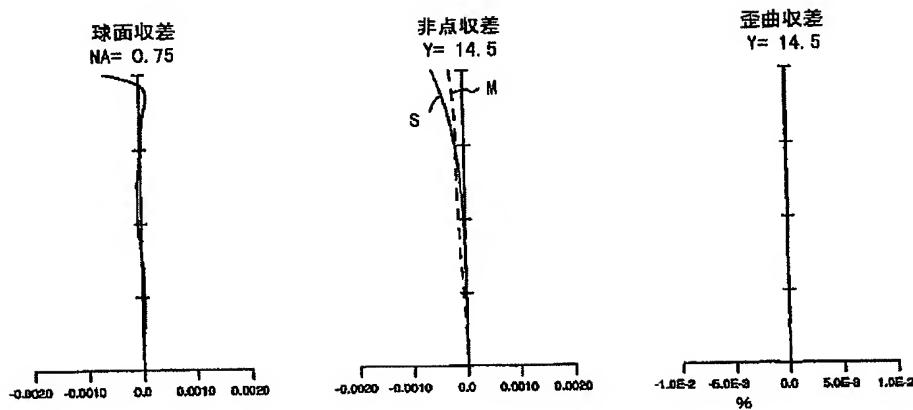
【図4】



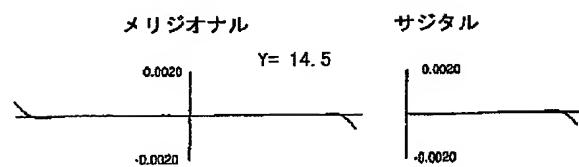
【図7】



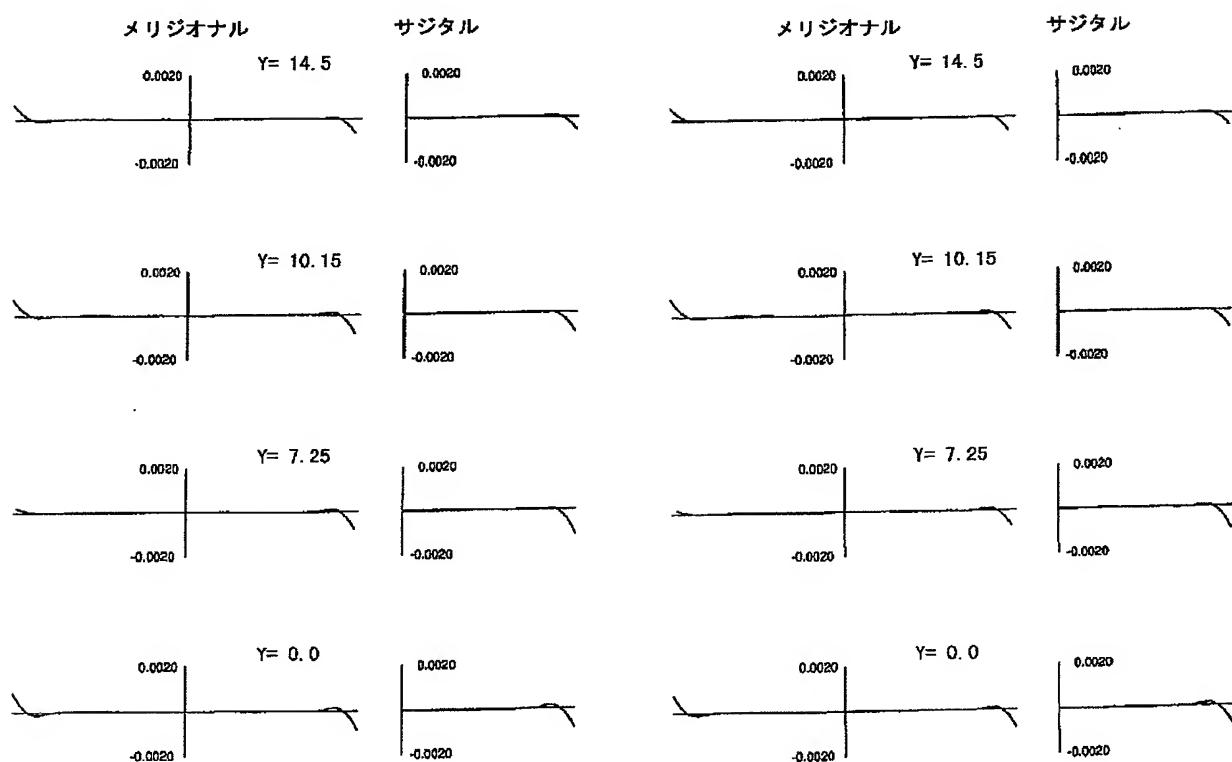
【図6】



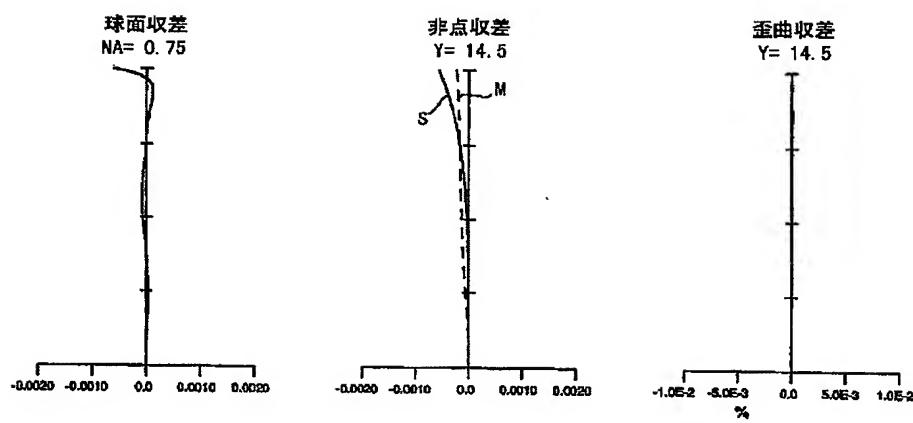
【図8】



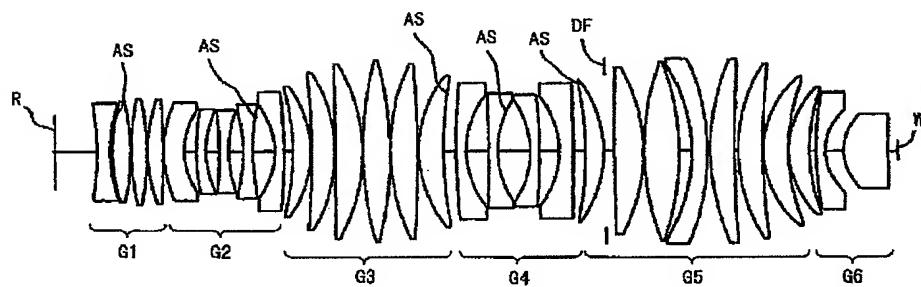
【図11】



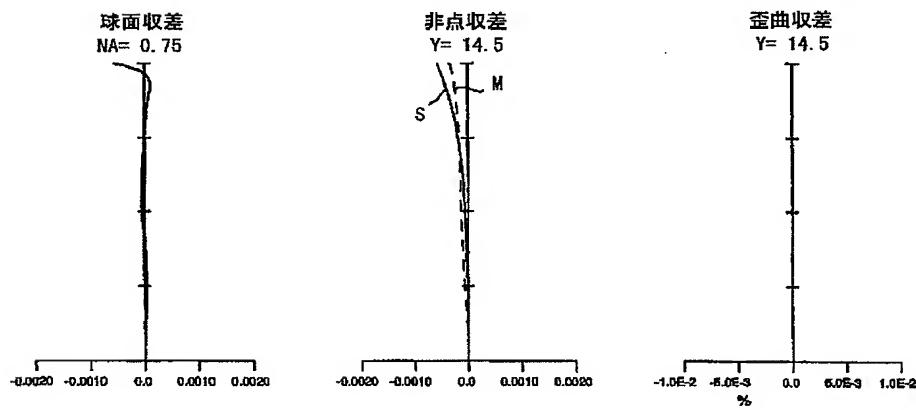
【図9】



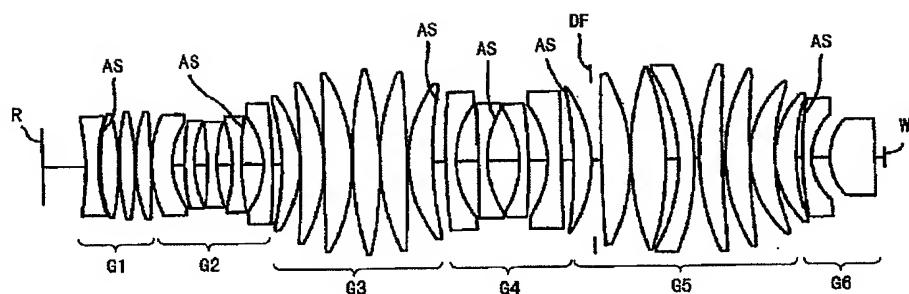
【図10】



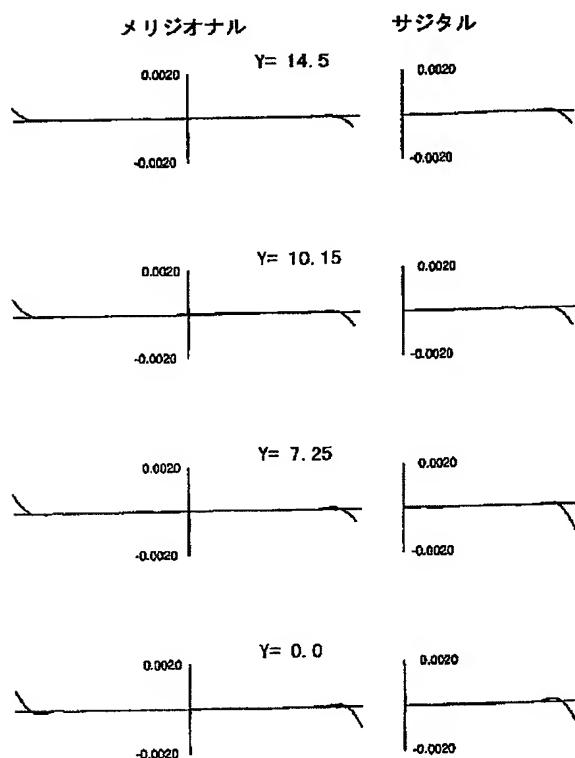
【図12】



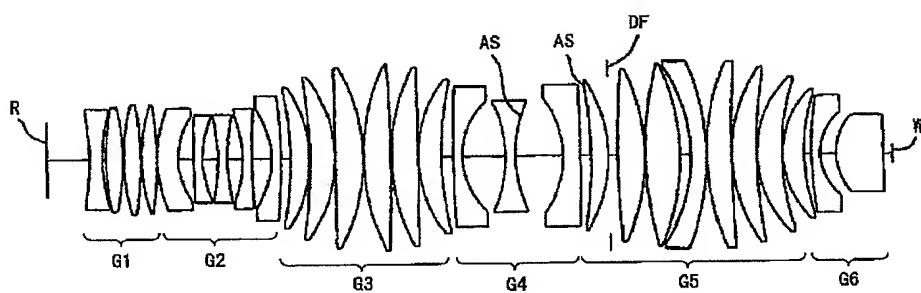
【図13】



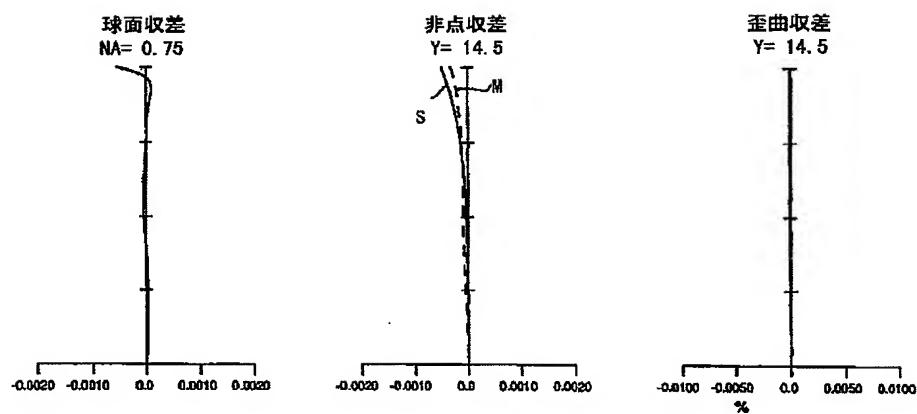
【図14】



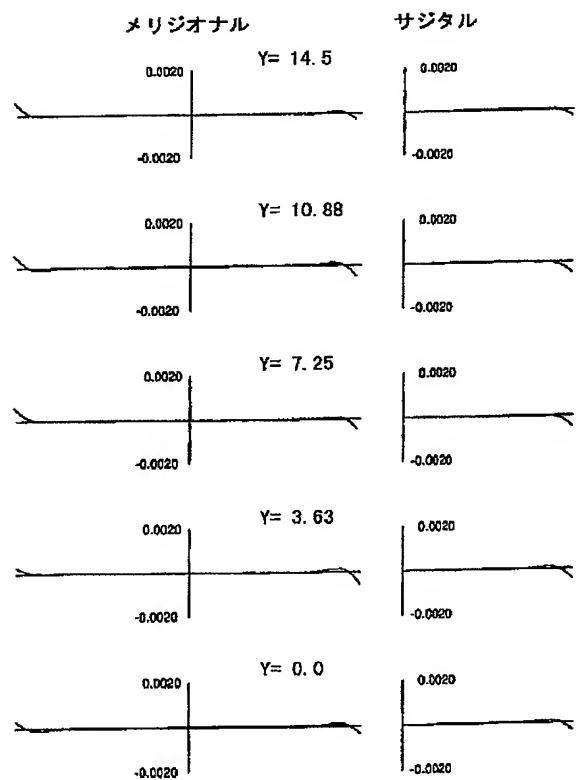
【図16】



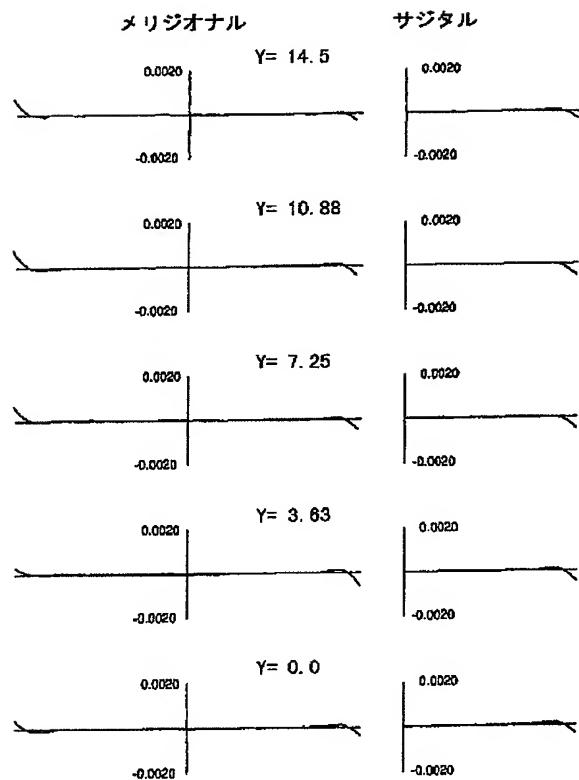
【図15】



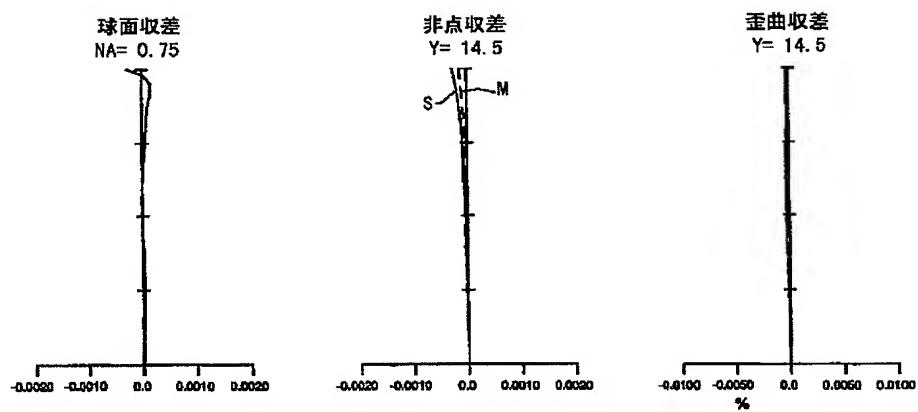
【図17】



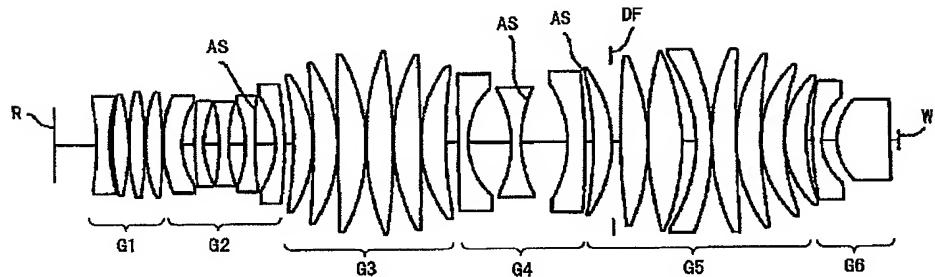
【図20】



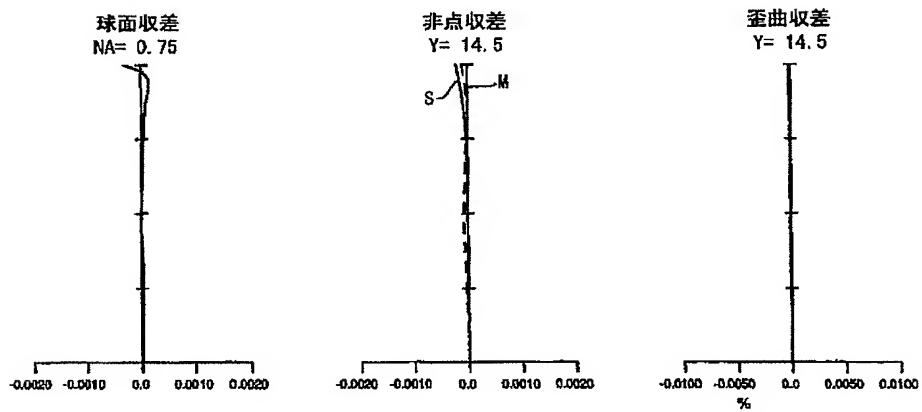
【図18】



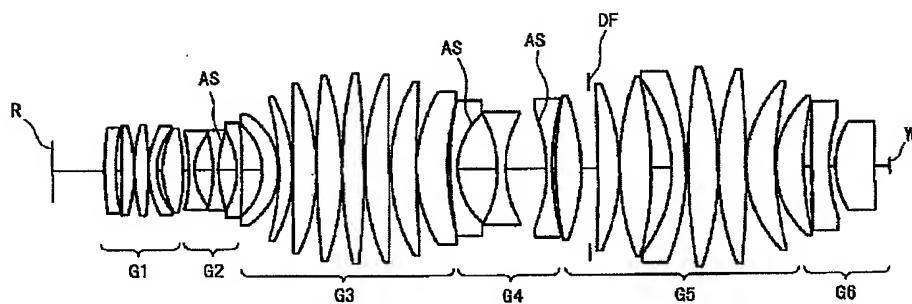
【図19】



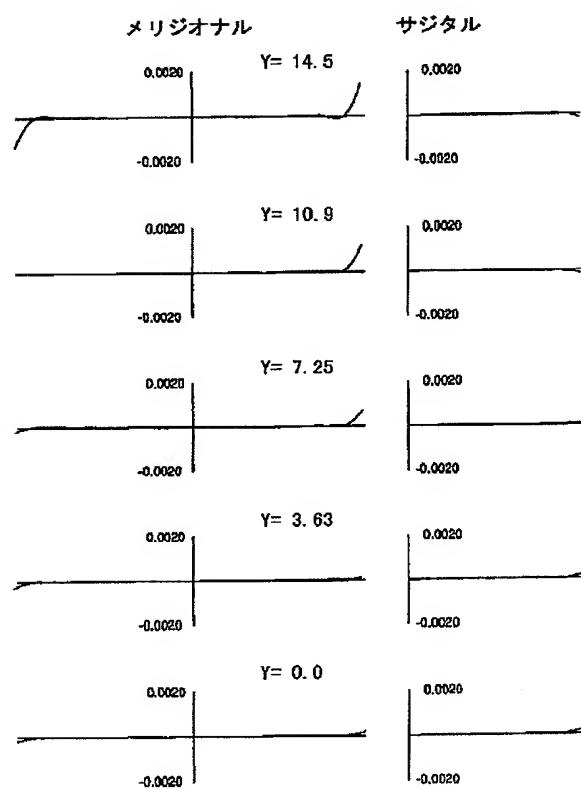
【図21】



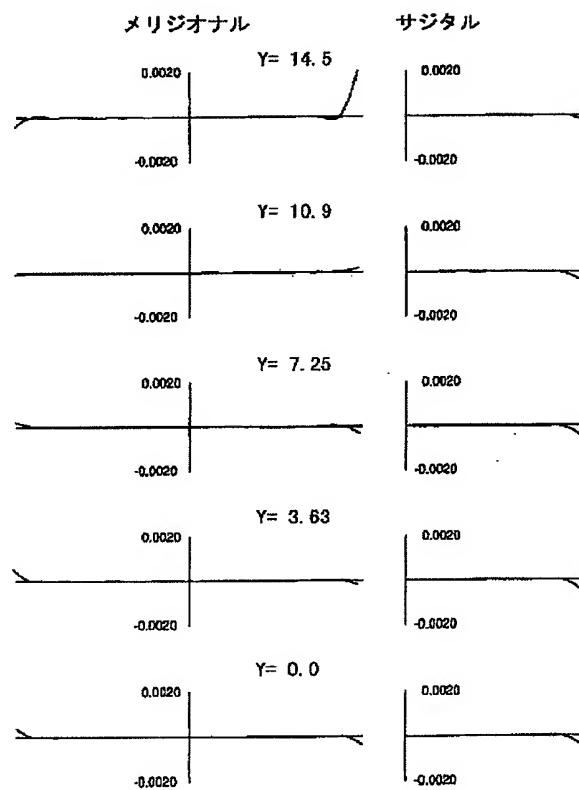
【図22】



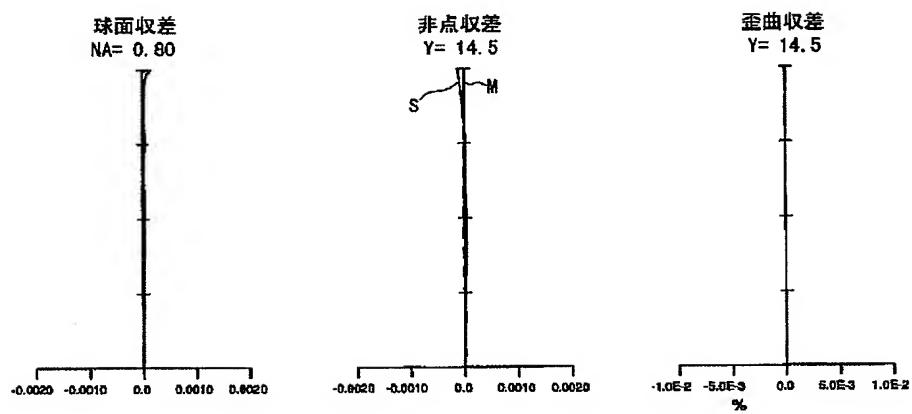
【図23】



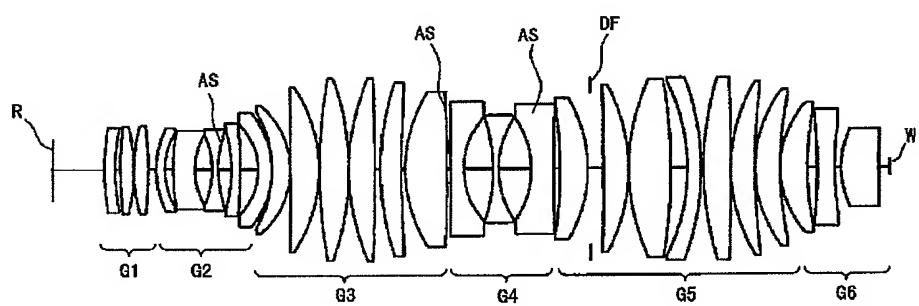
【図26】



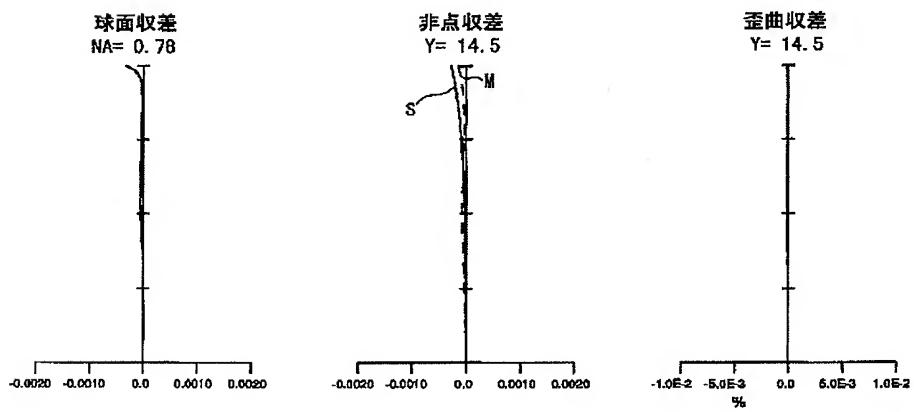
【図24】



【図25】



【図27】



【図28】

